

Introducción a la geología (3)



Étretat (Francia)

www.viajaporlibre.com

Procesos exógenos

Rocas sedimentarias



<https://revistacienciasdelatierra.com/geociencias/sedimentologia/rocas-sedimentarias-un-viaje-al-pasado/5270/>

Procesos exógenos

Modificación del relieve.

Génesis de rocas sedimentarias.

Fuentes de energía:

a) Radiación solar

b) Gravedad

a)



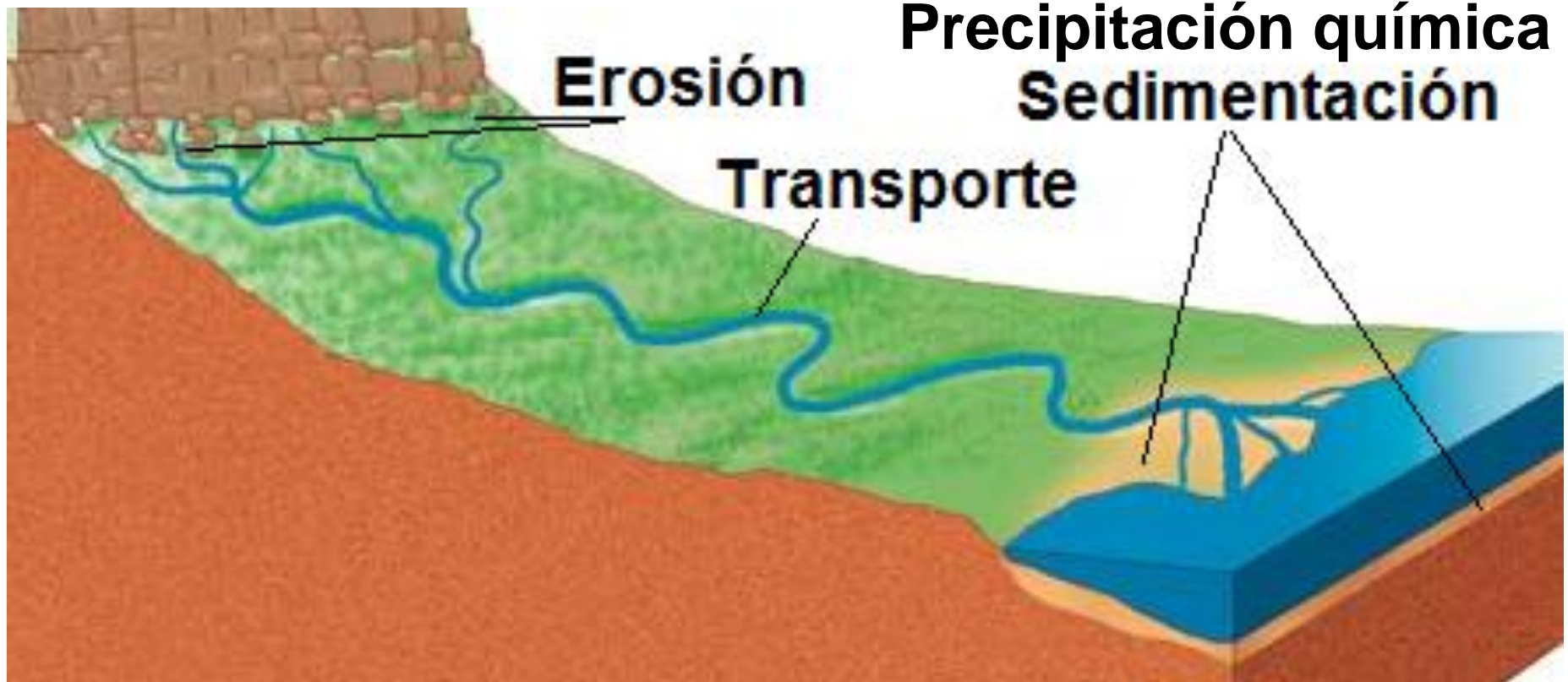
b)



Procesos exógenos

Meteorización → inicio de formación de rocas sedimentarias y suelos

Procesos
gravitacionales



http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/12122016/b6/es-an_2016121212_9131158/21_erosin_transporte_y_sedimentacin.html

Meteorización

Desagregación y alteración de materiales *in situ*.

Material disponible para erosión y transporte.

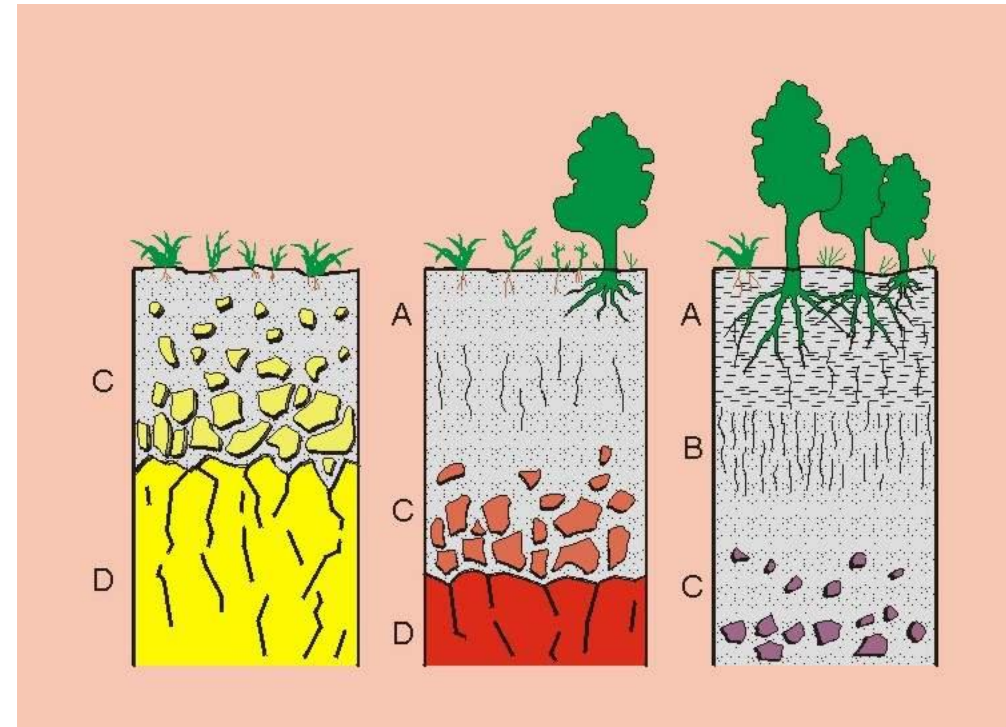
Rocas → sedimentos o suelos.

Física o mecánica.

Química.

Biológica.

Acción antrópica favorece la meteorización. Ej.: lluvia ácida, lavado de nutrientes por actividades agrícolas, obras subterráneas, etc.



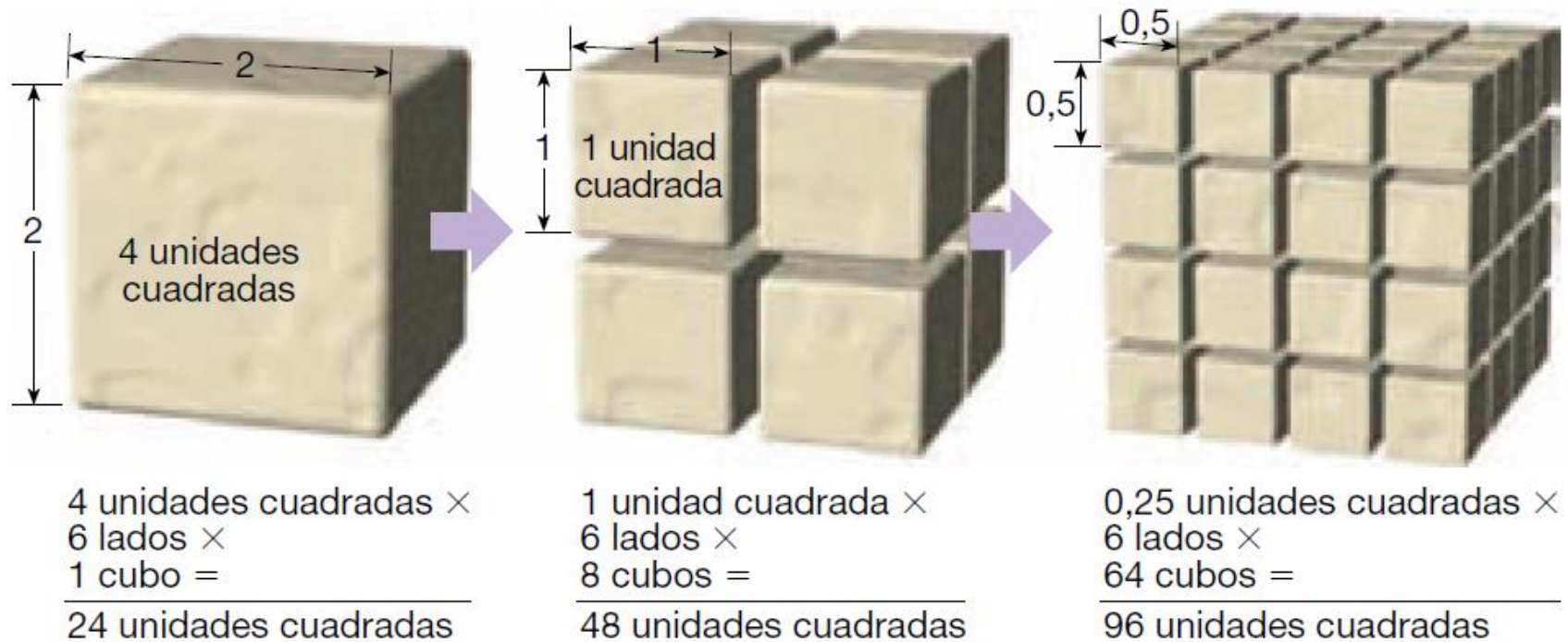
Meteorización física o mecánica

Desagregación de la roca por procesos físicos.

↑ **superficie específica** de partículas → meteorización química.

↓ **tamaño** de partículas → ↓ E_c , ↑ transporte.

Ej.: gelifracción, cristalización de sales, expansión y contracción térmicas, descompresión, abrasión.

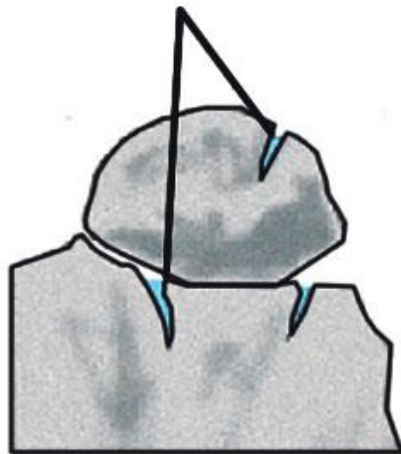


Gelifracción o crioclastia

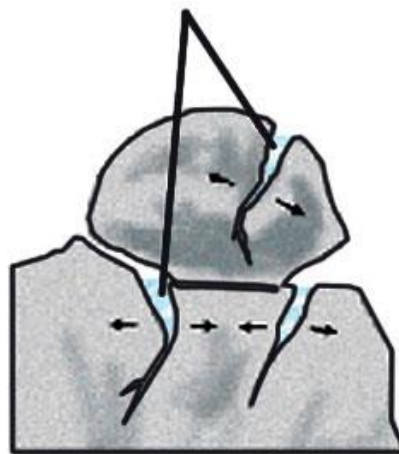


<https://www.flickr.com/photos/sendevistahermosa/7438220436/in/photostream/>

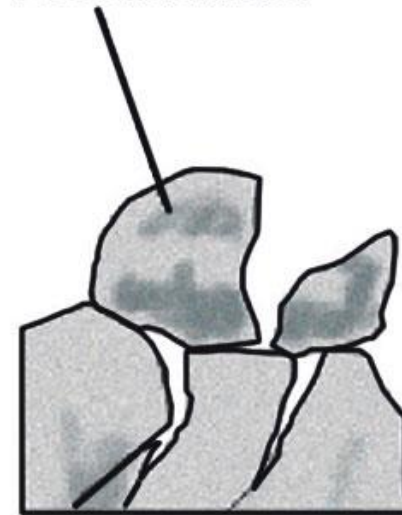
El agua se acumula
en las grietas de las rocas.



Al helarse el agua, aumenta
su volumen.



Rocas fracturadas.



<http://cuestarrubia.blogspot.com/2012/05/bellos-rincones.html>

Descompresión



Lajamiento en capas concéntricas en granito,
Cabo de Estaca de Bares (La Coruña, España)

<http://kurioidadescientifiks.blogspot.com/2016/04/meteorizacion-del-granito-lajamiento-en.html>

Descompresión
Acción antrópica

Rocas ígneas intrusivas:
granitos y granodioritas



SKB Äspö Hard Rock Laboratory (M. V. Alitinier, 2019)

Laboratorio subterráneo de Äspö
(SKB Äspö Hard Rock Laboratory),
Oskarshamn, Suecia.

SKB Äspö Hard Rock Laboratory (M. V. Alitinier, 2019)

Descompresión

Rocas arcillosas

Laboratorio subterráneo de Bure, ANDRA
(Meuse/Haute-Marne, Francia) .



Laboratorio subterráneo ANDRA (M. V. Altinier, 2018)

Meteorización química

Reacciones químicas → modificación de la composición mineralógica, alteración.

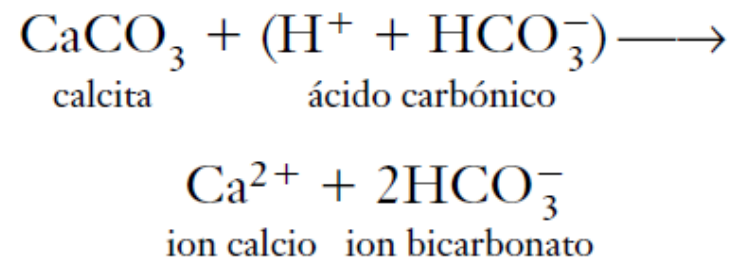
Ej.: disolución, hidrólisis, oxidación, actividad bacteriana.

Formación de nuevos minerales, estables bajo las nuevas condiciones ambientales.

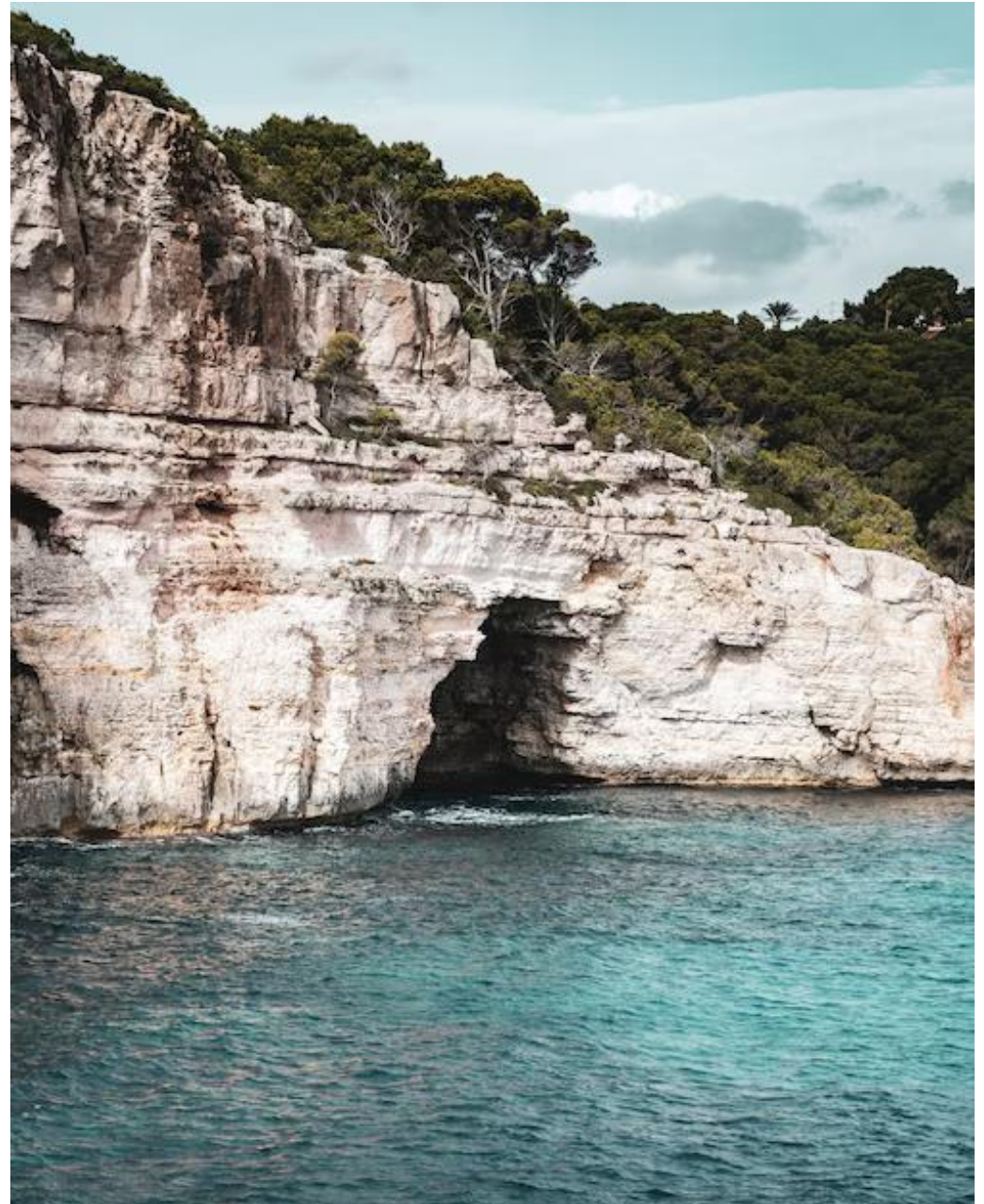
Puesta en solución de iones → transporte → precipitación o cristalización por variación en condiciones físico-químicas.

Principal disolvente: agua.

Disolución



Tarbuck y Lutgens (2005)



https://www.freepik.es/fotos-premium/cuevas-piedra-caliza-agua-azul-mediterranea-isla-comino_6084002.htm

Disolución

Lluvia ácida



<https://www.escolapedia.com/lluvias-acidas/>

1908



1969

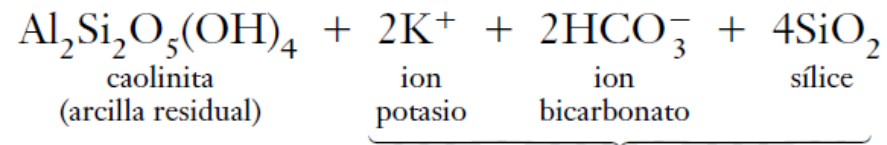
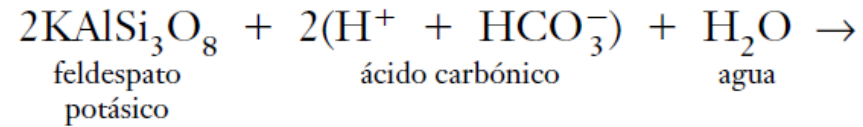


Escultura de arenisca del Castillo de Herten, (Recklinghausen, Alemania) construido en 1702.

Aspecto: en 1908, deterioro moderado. En 1969, prácticamente destruido

<http://cienciayrestauracion.blogspot.com/2014/09/la-lluvia-acida.html>

Hidrólisis



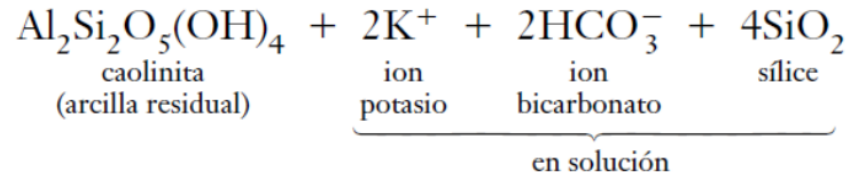
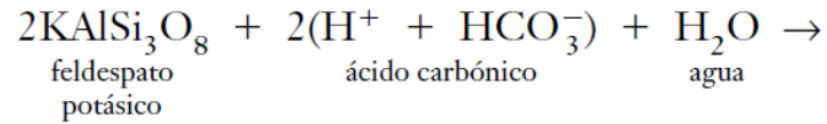
Ortoclasa
 $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$

<https://rockidentifier.com/es/wiki/Orthoclase.html>



Caolinita
 $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$

<https://rockidentifier.com/es/wiki/Kaolinite.html>



Granito

Caolinita

K⁺

- Agua del suelo → nutriente para plantas.
- Sal soluble (KHCO₃): disuelta en agua subterránea → nuevos minerales, océanos.

SiO₂ disuelta → agua subterránea:

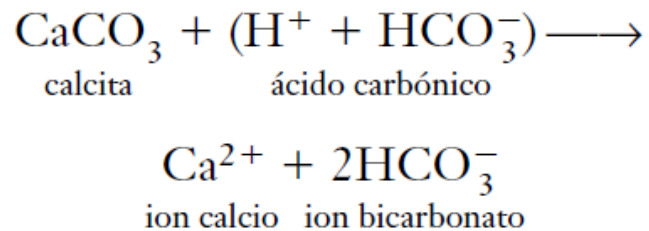
- Nódulos de sílex.
- Cemento de RS.
- Exoesqueletos (microorganismos marinos).

Batolito de Cabeza de Araya (Cáceres, España)

http://caceresnatural.blogspot.com/p/blog-page_70.html

Tosca

Acumulaciones calcáreas



Tarbutck y Lutgens (2005)



<https://www.flickr.com/photos/157454862@N07/28633917758/in/photostream/>

Génesis diversas.

Ej.: Precipitación de CO_3^{2-} -disueltos en aguas subterráneas.

Disolución de CO_3^{2-} de sedimentos \rightarrow concentración y precipitación \leftrightarrow edafogénesis

Meteorización biológica

Fragmentación o alteración química por intervención de seres vivos (ej.: acción radicular, ácidos secretados por líquenes, actividad bacteriana)



<http://geomorphology4.blogspot.com/2011/11/meteorizacion.html>



<https://www.flickr.com/photos/14412596@N03/5698692117/in/photostream/>

Erosión

Remoción del material meteorizado por acción de los agentes geomórficos → desgaste del relieve.



Barranca de los Lobos (Mar del Plata, Argentina), <https://aleprieto.jimdofree.com/>

Agentes geomórficos

Medios que incorporan y transportan el material meteorizado.

Causan cambios en la superficie terrestre.

Viento, oleaje, glaciares, ríos, corrientes marinas, ser humano, etc.



Ej.: tormenta de arena. Agente: viento

<https://www.ecologiaverde.com/como-se-forma-una-tormenta-de-arena-y-cuanto-dura-1787.html>

Transporte

Traslado del material erosionado ↔ agentes geomórficos.
Material sólido o iones disueltos.



SUSPENSIÓN <<< SALTACIÓN <<< RODADURA <<< ARRASTRE +

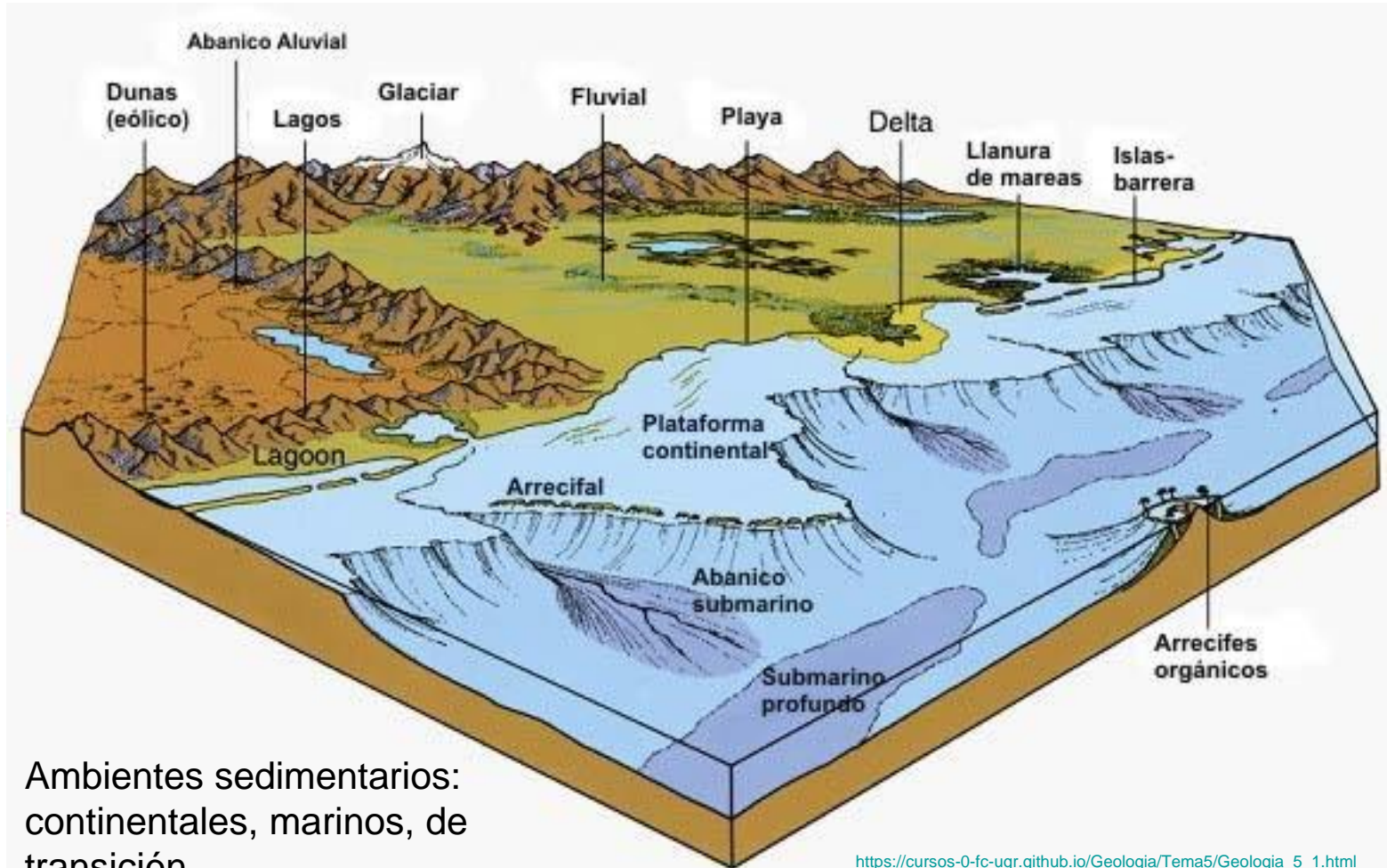
ENERGÍA DE LA CORRIENTE Y TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

<https://geolodiaavila.com/tag/sedimentacion/>

Sedimentación o precipitación química

Acumulación en cuencas sedimentarias:

- Material sólido ↔ Pérdida de energía y capacidad de carga: sedimentación.
- Solutos ↔ precipitación química: evaporación, reacciones químicas o bioquímicas



Ambientes sedimentarios:
continentales, marinos, de
transición

Procesos gravitacionales

Desplazamiento de los materiales a posiciones de menor E_g \leftrightarrow fuerza de atracción gravitatoria.



Deslizamiento de tierra en la mina de cobre de Bingham Canyon, USA, 11/4/2013 (Ravell Call / The Deseret News via AP)

Rocas sedimentarias

5 a 8 % de rocas en CT.

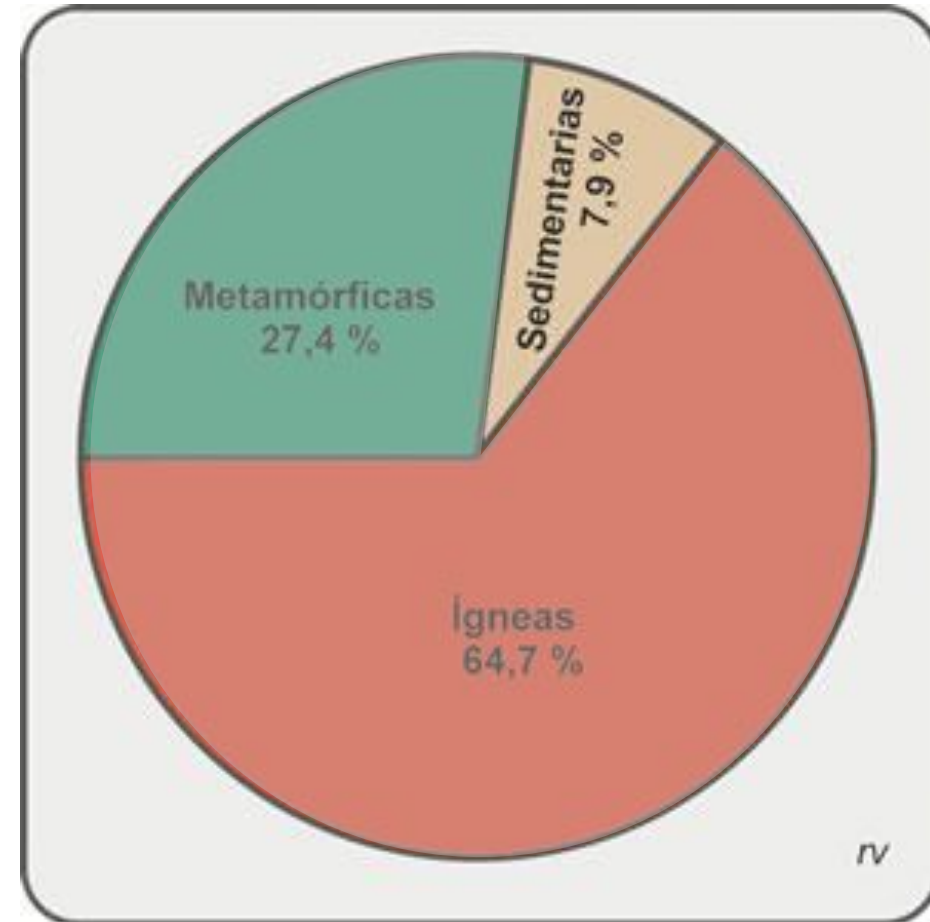
75 a 80% de rocas en superficie.

Información:

- Paleoambiental.
- Procesos geológicos que actúan en superficie. Ej.: mecanismos de transporte, agentes geomorfológicos.

Pueden contener **fósiles**.

Importancia económica. Ej.: energía (carbón, petróleo, gas), industria de la construcción, fuente de fertilizantes, etc.



http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/04.htm

Proporción de diferentes tipos de roca en la corteza terrestre

Rocas sedimentarias

Fuentes de energía que mueven los procesos sedimentarios: Energía interna, energía solar y energía potencial.

Energía potencial:
Gravedad: Contribuye al transporte de los sedimentos hasta zonas deprimidas

Energía interna: Tectónica de placas: Eleva zonas de la corteza sobre las que actúa la meteorización y forma las cuencas sedimentarias por hundimiento del terreno



Energía solar: Responsable de la actuación de los **agentes geológicos externos:** ciclo del agua, viento, etc

<https://image.slidesharecdn.com/ud7-190102190718/95/ud-7-sedimentacin-y-rocas-sedimentarias-4-638.jpg?cb=1546456077>

Procesos:

Exógenos → sedimentos.

Endógenos → relieve y cuencas sedimentarias.

Disposición en estratos por acumulación episódica en cuencas sedimentarias

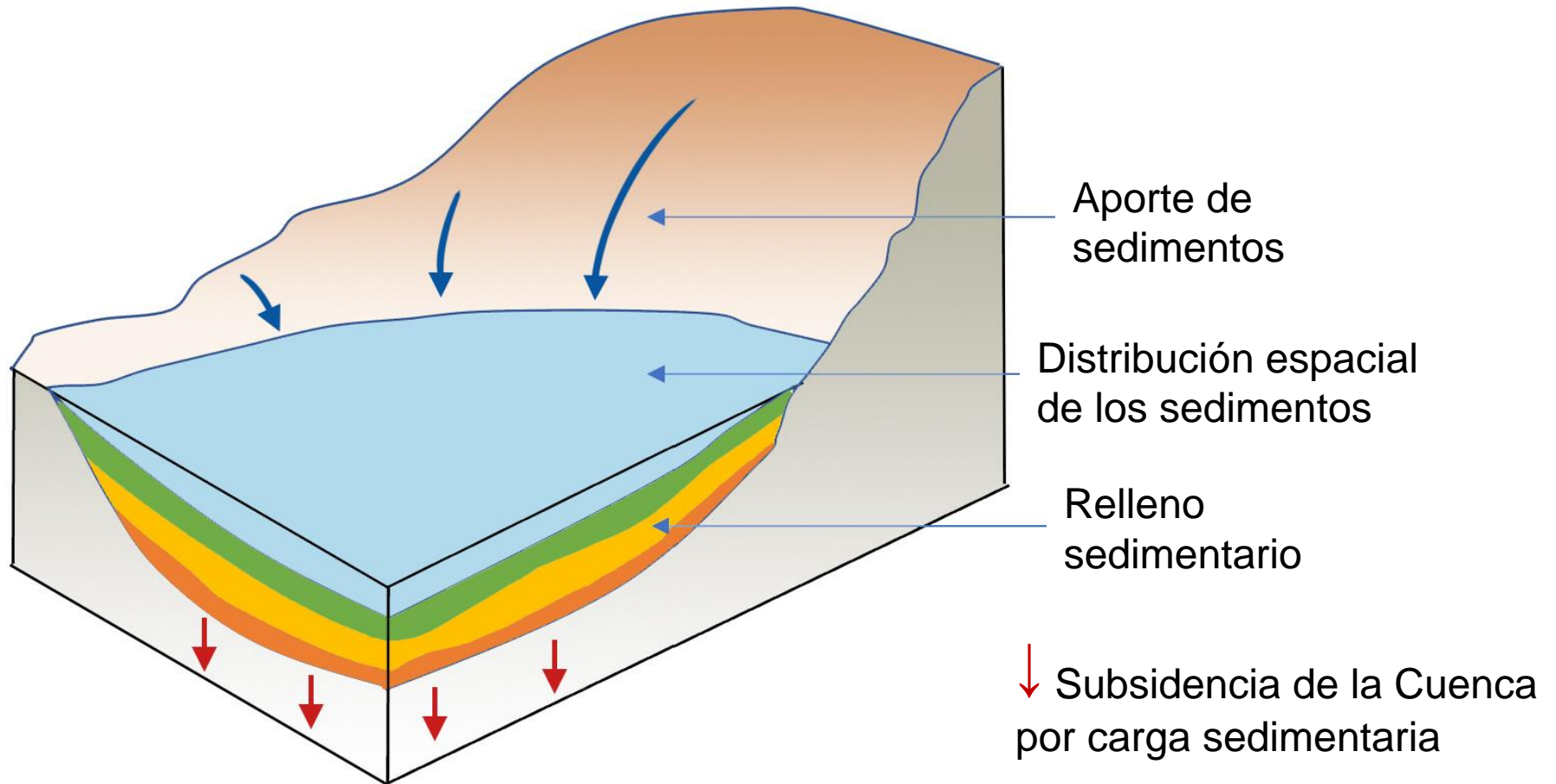
Planos de estratificación = planos de discontinuidad



La Yesera (Quebrada de Las Conchas; Provincia de Salta, Argentina) Cretácico Tardío (100 – 66 millones de años).

<https://revistacienciasdelatierra.com/geociencias/sedimentologia/rocas-sedimentarias-un-viaje-al-pasado/5270/>

Cuenca sedimentaria



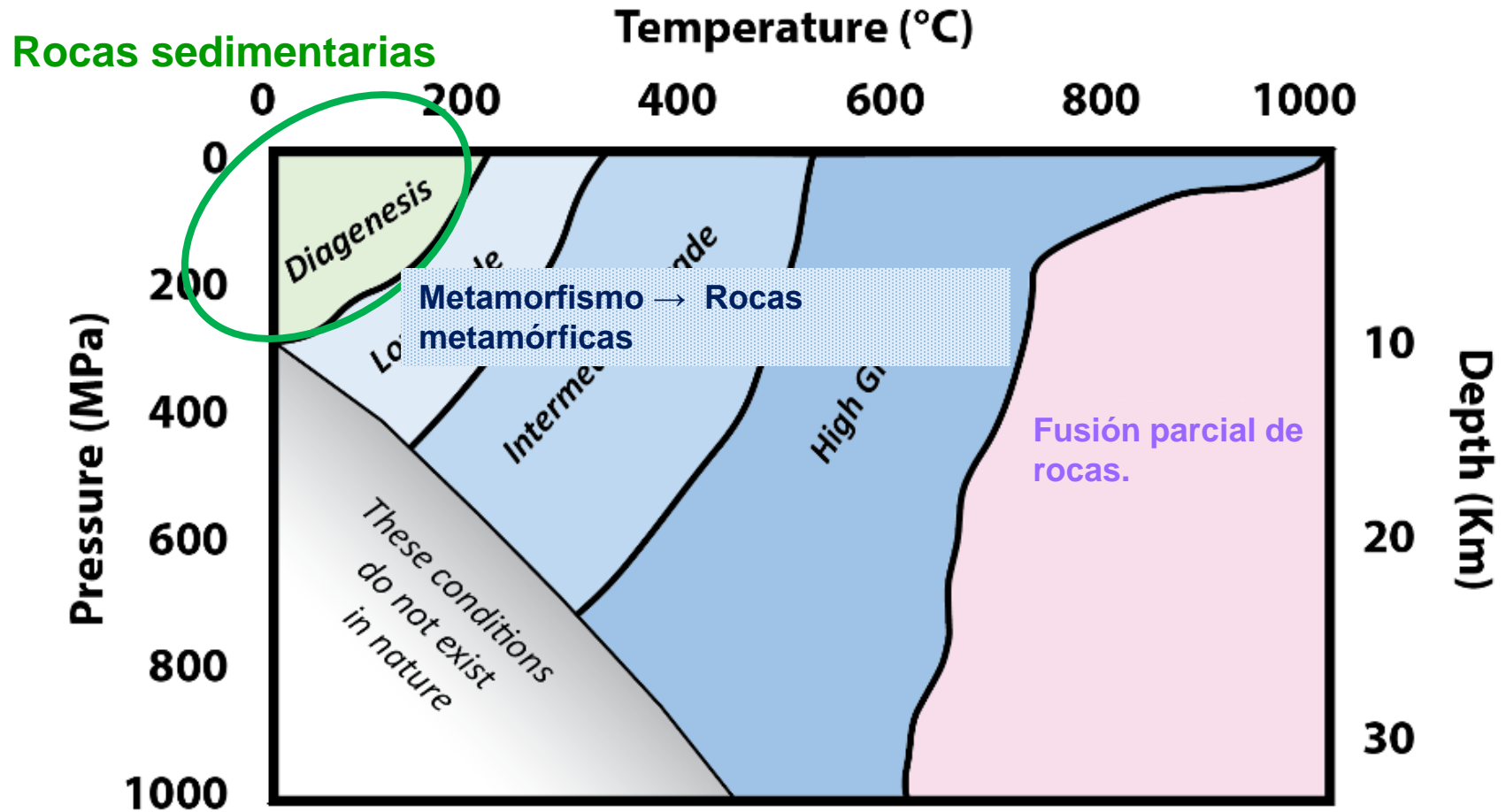
Esquema de Cuenca sedimentaria (modificado de Lee *et al.*, 2019)

<https://www.geostru.eu/blog/2020/01/28/subsidencia-como-analizarla-con-loadcap/?lang=es>

Subsidencia, levantamiento tectónico, variaciones eustáticas y compactación controlan la distribución espacial de sedimentos en la cuenca.

Diagénesis: procesos físicos, químicos y biológicos → RS

T < 250°C Prof. ≤ 10km P ≤ 300 MPa



https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Geolog%C3%ADa/GEOS%3A_Un_manual_de_laboratorio_de_geolog%C3%ADa_f%C3%ADsica_para_colegios_comunitarios_de_California_%28Branciforte_y_Hadad%29/13%3A_Rocas_y_procesos_metam%C3%B3rficos/13.01%3A_Materia_Frontal

Diagénesis

Procesos físicos, químicos y biológicos → cambios en los sedimentos, desde su acumulación hasta la litificación.

Enterramiento.

Compactación.

Recristalización de minerales.

Autigénesis (formación de nuevos minerales).

Degradación biológica.

Disolución.

Cementación.

Litificación → roca.

Litificación

- **Compactación:** reducción de volumen por presión y tiempo.
- **Cementación:** precipitación de sustancias minerales transportadas por los fluidos porales que aglutinan los sedimentos. Ej.: calcita, sílice, óxidos de hierro.

Rocas resultantes:

- Clásticas o detríticas
- Químicas
- Biogénicas

Rocas sedimentarias clásticas o detríticas

Acumulación y litificación de fragmentos de rocas preexistentes.

Minerales más abundantes: **arcillas**, **cuarzo**, feldespatos, micas ↔ resistencia a la meteorización.

Rocas sedimentarias detríticas			
Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento	Nombre de la roca
Grueso (más de 2 mm)		Grava (clastos redondeados)	Conglomerado
		Grava (clastos angulosos)	Brecha
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena (Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)	Arenisca
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)		Limo	Limolita
Muy fino (menos de 1/256 mm)		Arcilla	Lutita

Escala granulométrica de Wentworth para sedimentos.

Clastos sedimentarios		Tamaño del clasto en mm.	Escala PHI
G R A V A	Bloques		
	Grava	256	-8
	Guijarro	64	-6
	Granos	16	-4
	Granos	4	-2
A R E N A	Arena muy gruesa	2	-1
	Arena gruesa	1	0
	Arena media	0.5	1
	Arena fina	0.25	2
	Arena muy fina	0.125	3
		0.032	5
L O D O	Limo		
	Arcilla	0.004	8

Pelitas (lutitas y limolitas)

Poco cementadas ↔ compactación.
Permeabilidad muy baja
Sedimentación por corrientes no turbulentas.

Ambientes: lagos, planicies
de inundación, pantanos, etc.



Lutita

Predominan clastos de tamaño arcilla.

Limolita

Predominan clastos
de tamaño limo.

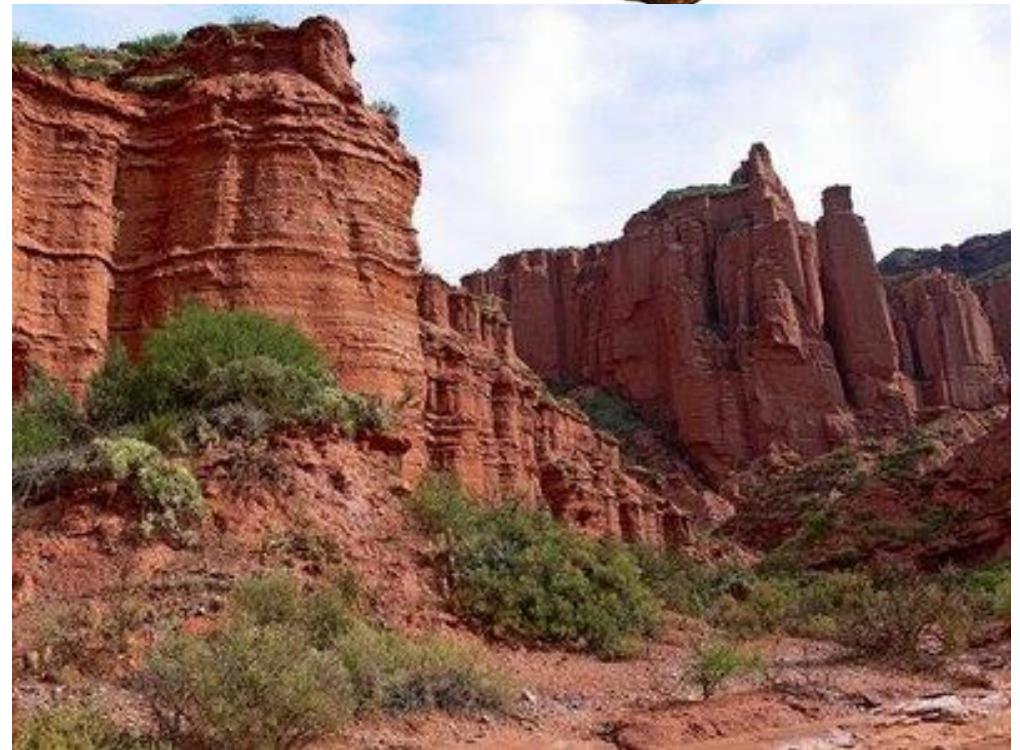


Conglomerado



<https://geologiaweb.com/rocas-sedimentarias/conglomerados/>

Arenisca



Brecha



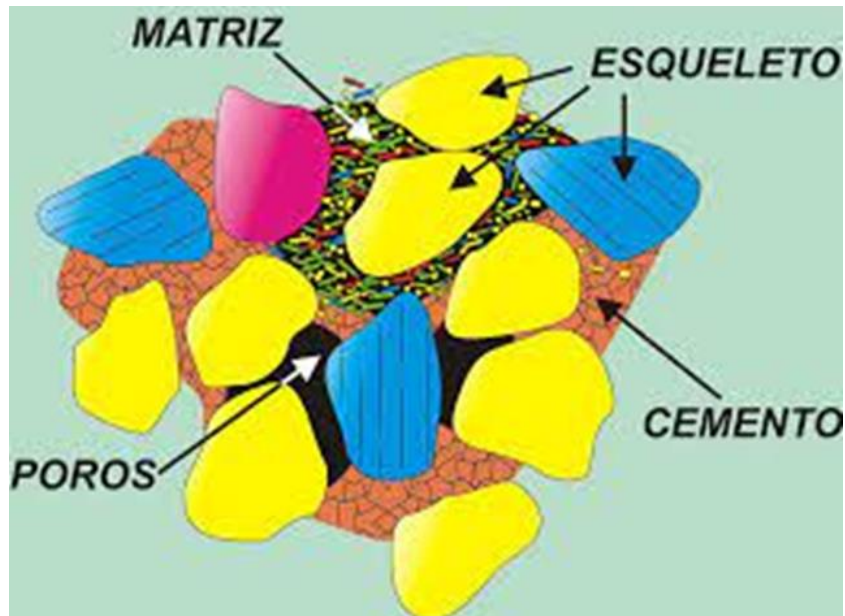
https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c.365.a.0.m.2012&r=ReP-8162-DETALLE_REPORTAJES

Areniscas rojas del Cretácico, Parque Nacional Sierra de las Quijadas (San Luis). <http://cienciasdelatierra2011.blogspot.com/2011/04/rocas-sedimentarias.html>

Conglomerado



http://www.joachim.cl/geologia/html2/008petrografia/001_introduccion.htm



http://cuencas.fcien.edu.uy/cursos/materiales/practico_7y8_2012.pdf

Rocas sedimentarias biogénicas (clásticas y químicas).

Actividad o acumulación de organismos.

Rocas carbonáticas, fosforitas, carbón, chert.



<http://edafolegia.ugr.es/rocas/fotos2/caliza-fosilifera-macro-59.jpg>

Calizas fosilíferas



Caliza



Fosforita

W. Griem (2005)

www.geovirtual2.cl

Rocas sedimentarias químicas

Precipitación de material transportado en solución.

Procesos: evaporación, reacciones químicas o bioquímicas.

Rocas sedimentarias químicas		
Composición	Textura	Nombre de la roca
Calcita, CaCO_3	No clástica: cristalino de fino a grueso	Caliza cristalina
		Travertino
	Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón visibles, cementados débilmente	Coquina
	Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón de diversos tamaños cementados con cemento de calcita	Caliza fosilífera
	Clástica: caparazones y arcilla microscópicos	Creta
		b i o q u í m i c a
Cuarzo, SiO_2	No clástica: cristalino muy fino	Rocas silíceas (silex) (color claro) Pedernal (color oscuro)
Yeso, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	No clástica: cristalino de fino a grueso	Yeso
Halita, NaCl	No clástica: cristalino de fino a grueso	Salgema
Fragmentos vegetales alterados	No clástica: materia orgánica de grano fino	Hulla

Evaporitas

Precipitación de solutos en salmueras por evaporación.



Depósitos de Halita (NaCl)



<https://masneuquen.com/wp-content/uploads/2019/11/Yesera-del-Tromen.jpg>

Depósitos de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Rocas sedimentarias químicas



<https://geologiaweb.com/rocas/pedernal/>



<http://cienciasdelatierra2011.blogspot.com/2011/04/rocas-sedimentarias.html>



<https://www.foro-minerales.com/forum/viewtopic.php?p=79264#79264>

Travertino

Precipitación de CaCO_3 en superficie.
Aguas termales saturadas en CaCO_3



Imagen a modo ilustrativo



<https://www.bizantina.com.ar/productos/travertino-rustico-marmol-para-piscinas-y-exteriores-piso-o-pared-406-cm-x-largo-variable/>

https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-8173-DETALLE_REPORTAJESABUELO

¿Cómo se forman las rocas sedimentarias?

Macizo rocoso



Rocas ígneas, sedimentarias o metamórficas

Meteorización física

Detritos (arcilla, limo, arena, grava)

Erosión

Transporte

Agua, viento, gravedad

Sedimentación

En una cuenca sedimentaria

Diagénesis - litificación

Rocas sedimentarias detríticas

Conglomerado, arenisca, limolita, lutita

Meteorización química

Agua

Soluciones químicas

K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc

Precipitación química directa

Rocas sedimentarias químicas

Evaporitas, Caliza química, etc.

Intervención de organismos vivos

Caparazones

Rocas sedimentarias bioquímicas

Caliza bioquímica, chert bioquímico, caliza fosilífera, etc.

Diagénesis + litificación

Cuestionario

1. ¿Cuál es la diferencia entre meteorización y erosión?
2. ¿Qué procesos intervienen en la génesis de las rocas sedimentarias?
3. Explicar brevemente cómo se forman las rocas sedimentarias.
4. ¿Cuáles son las rocas que predominan en la corteza terrestre y cuáles en la superficie terrestre?
5. ¿En qué tipo de rocas podrían encontrarse restos fósiles? Justificar.

6. Indicar a qué tipo de roca sedimentaria corresponde cada imagen:

(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

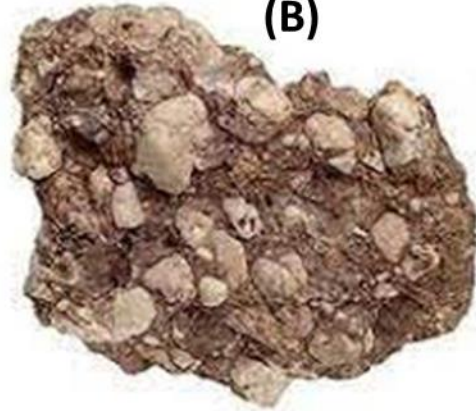


7. Indicar a qué tipo de roca corresponde cada figura (roca ígnea intr./volc., roca sedimentaria, roca metamórfica)

(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)



(G)



(H)



El Ciclo del Agua



U.S. Dept. of the Interior
U.S. Geological Survey
Howard Perlman, John Evans, USGS
<https://www.usgs.gov/water-science-school>

Este diagrama muestra solo el ciclo natural del agua, ignorando las influencias humanas.

Ciclo hidrológico

Circulación del agua desde los océanos a la atmósfera, de la atmósfera a los continentes y de los continentes al océano

- Interacción de todos los componentes de la hidrósfera
- Fuente de energía: radiación solar
- Flujo del agua en la tierra en todos sus estados físicos
- Procesos: evaporación, condensación, precipitación, transpiración de plantas, etc.

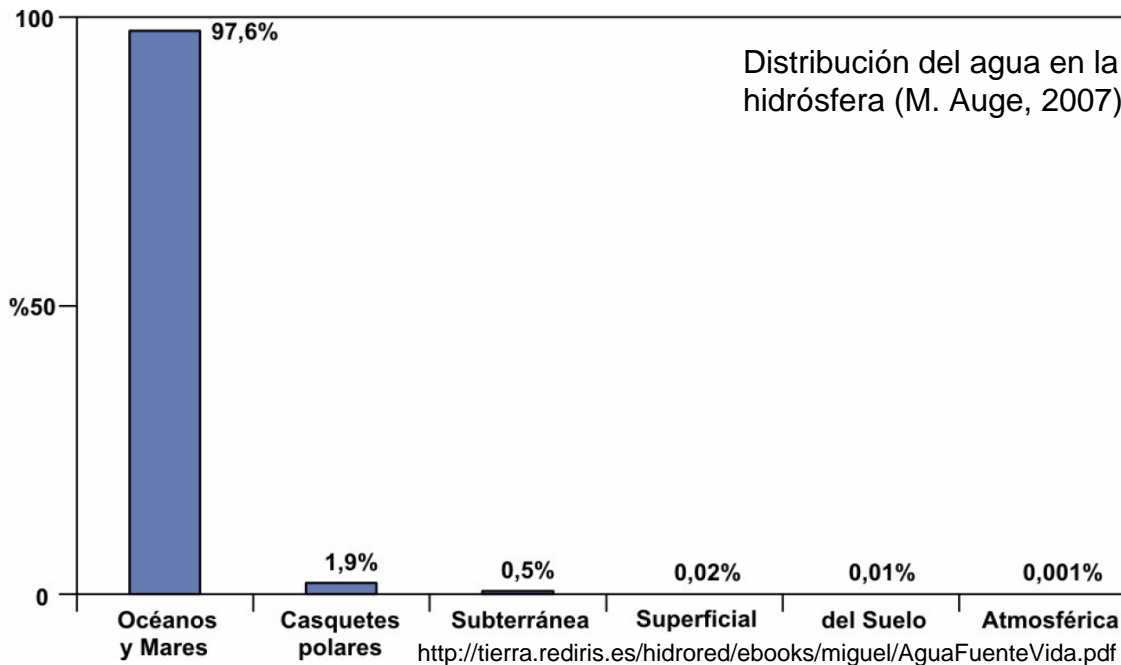
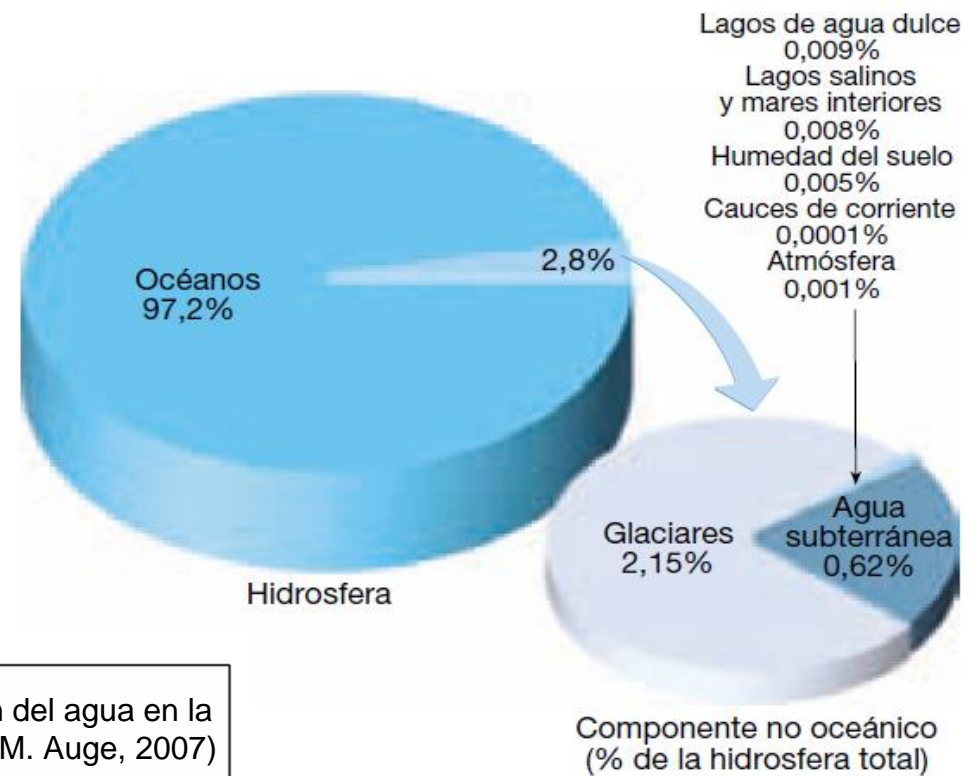
Regulación del clima

Modelado del relieve

Vida en el planeta.

Distribución del agua en la hidrósfera

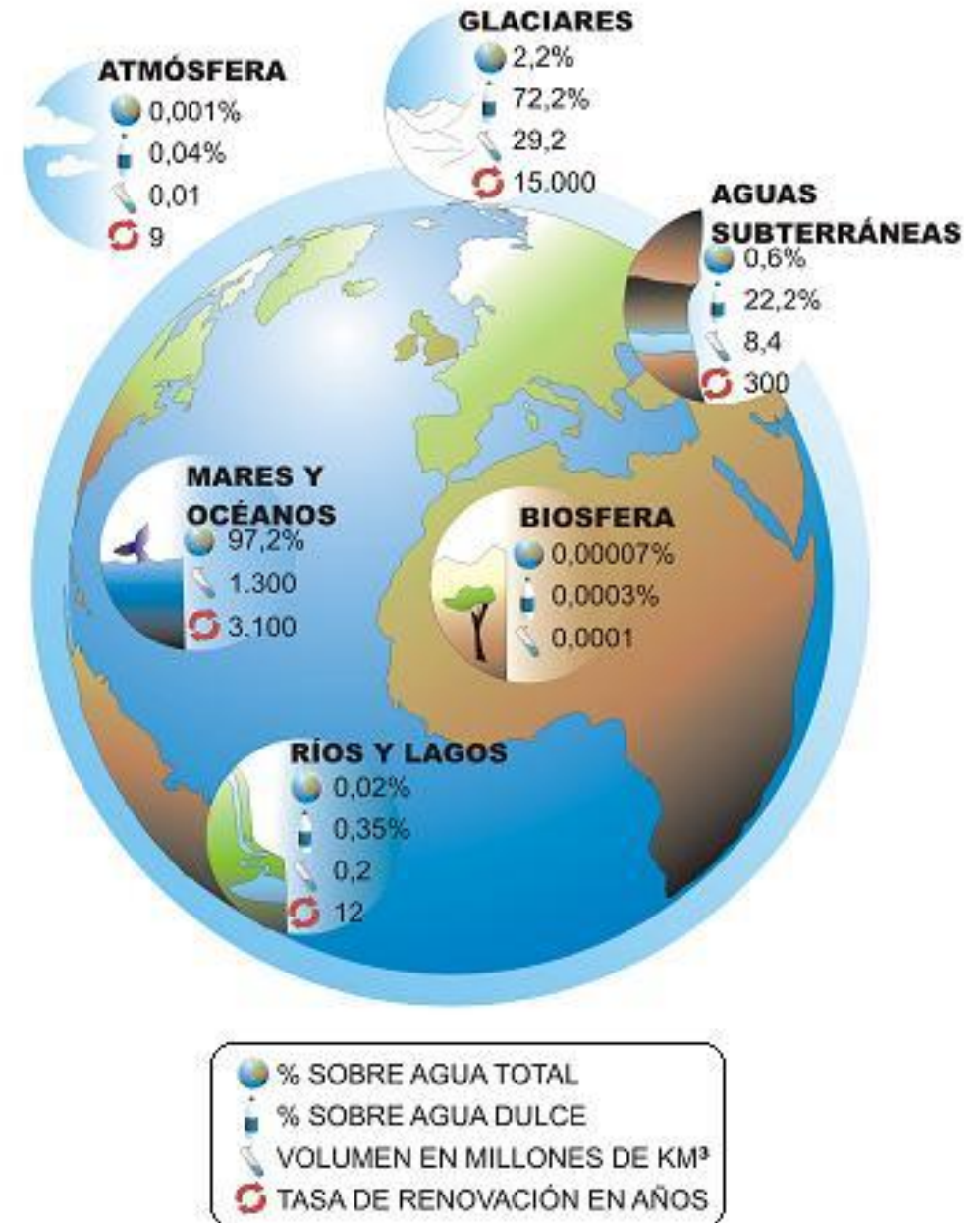
~ 97% océanos y mares
 ~ 3% agua dulce



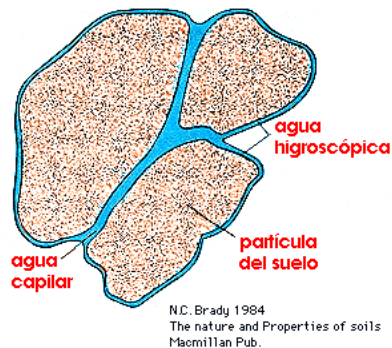
Distribución del agua de la Tierra.
 Tarbuck y Lutgens (2005)

Agua dulce:

- ~ 14%: aguas subterráneas.
- ~ 85%: glaciares y casquetes polares.
- ~ 1%: aguas superficiales.



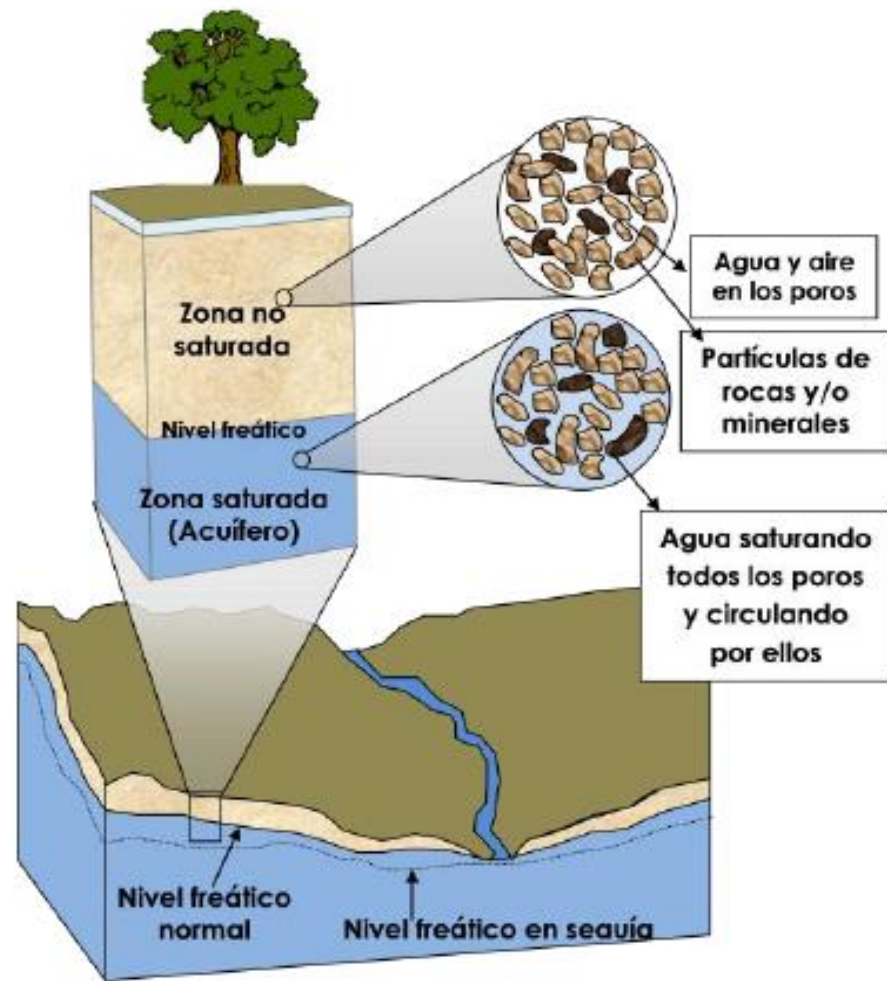
Agua retenida en el suelo: agua capilar (tensión superficial) y agua higroscópica (adsorbida en partículas del suelo) ↔ funciones vitales y transpiración de plantas.



Zona no saturada.

Agua subterránea: porción de agua no retenida por el suelo que percola en profundidad → **zona saturada.**

Depende de la geología y del clima
Almacenada en formaciones geológicas: capas de rocas o sedimentos.



Agua subterránea

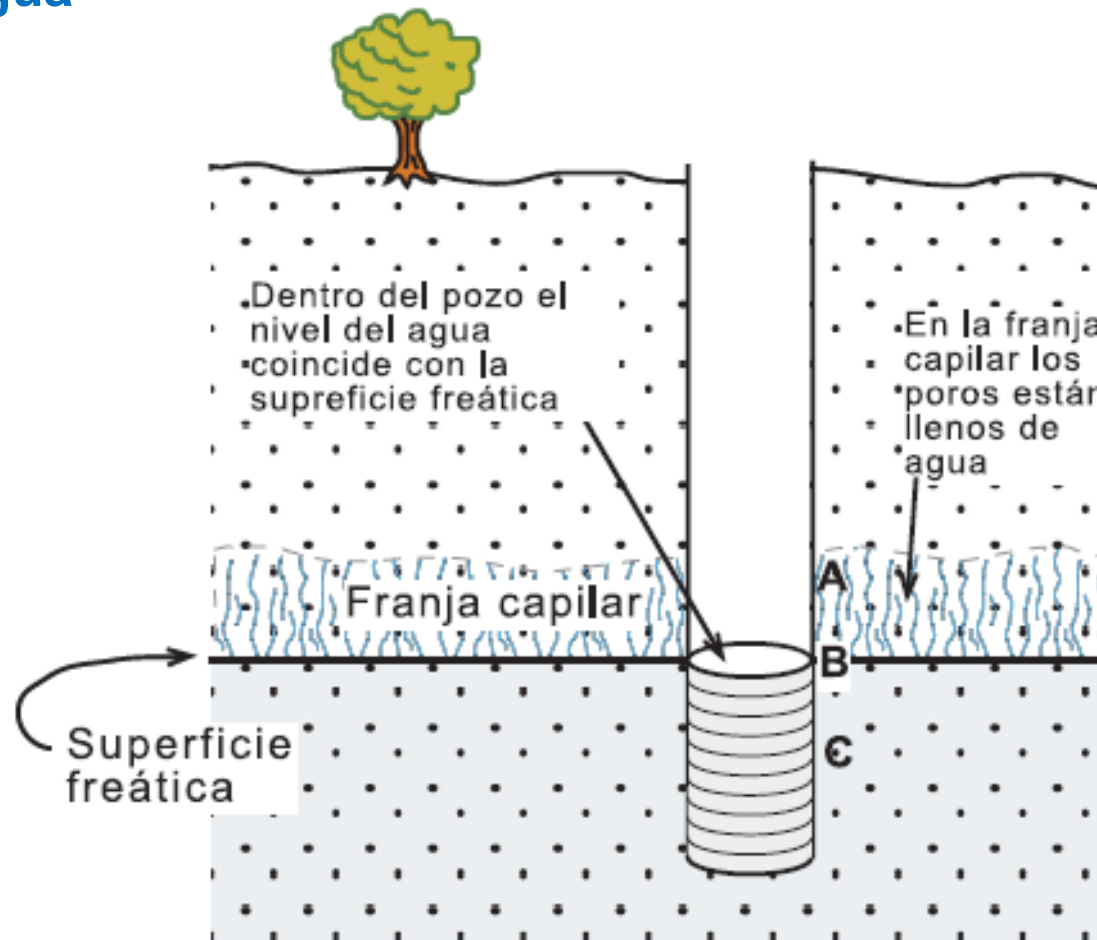
Los estratos de roca o sedimentos pueden actuar como:

- **Acuífero:** capacidad de recibir, almacenar y transportar agua. Altas permeabilidad y porosidad primaria o secundaria e importante interconexión de poros o fracturas. Explotable. Ej.: arenas, gravas, granitos fracturados o cualquier otra roca compacta con fracturación.
- **Acuitardo:** capacidad de almacenar agua y moderada a baja permeabilidad. Transmiten agua lentamente a acuíferos adyacentes. Ej.: arenas arcillosas, arenas limosas, limos, rocas compactas poco fracturadas.
- **Acuícludo:** muy baja permeabilidad, aunque contiene agua. No explotables. Ej.: arcillas, arcillas limosas.
- **Acuífugo:** unidades que no contienen ni transmiten agua, baja proporción de vacíos interconectados. Ej.: granitos y otras rocas compactas.

Valores estimados de la conductividad hidráulica (metros /día)

		Domenico	Smith & W	Freeze	Fetter	Sanders
Sedimentos	Grava	25 a 2500	100 a 10 ⁵	100 a 10 ⁶	10 a 1000	
	Grava con arena					
	Arena gruesa	0,1 a 500	0,01 a 1000	1 a 1000	1 a 100	1 a 100
	Arena media	0,1 a 50				
	Arena fina	0,02 a 20			0,01 a 1	0,01 a 1
	Arena arcillosa			0,01 a 100	0,001 a 0,1	
	Silt, loess	10 ⁻⁴ a 2	10 ⁻⁴ a 1	10 ⁻⁴ a 1	0,001 a 0,1	10 ⁻⁴ a 1
	Arcilla	10 ⁻⁶ a 4*10 ⁻⁴	10 ⁻⁷ a 10 ⁻³		10 ⁻⁶ a 10 ⁻³	10 ⁻⁶ a 10 ⁻³
	Arcilla marina inalterada	10 ⁻⁷ a 2*10 ⁻⁴		10 ⁻¹¹ a 10 ⁻⁷		
Rocas Sedimentarias	Calizas carstificadas	0,1 a 2000	0,05 a 0,5	0,1 a 1000		0,1 a 10 ⁷
	Calizas, dolomías	10 ⁻⁴ a 0,5	0,001 a 0,5	10 ⁻⁴ a 1		10 ⁻⁴ a 1
	Areniscas	3*10 ⁻⁵ a 0,5	10 ⁻⁵ a 1	10 ⁻⁵ a 1		
	Argilitas (siltstone)	10 ⁻⁶ a 0,001				
	Pizarras sedimentarias (Shale) intactas	10 ⁻⁸ a 2*10 ⁻⁴	10 ⁻⁸ a 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁸		10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁸
	Pizarras sed.(Shale) fracturadas/alteradas		10 ⁻⁴ a 1			
	Rocas cristalinas	Basalto inalterado, sin fracturar		10 ⁻⁶ a 10 ⁻³		
Basalto fracturado/vesicular cuaternario			10 a 1000			0,1 a 10 ⁶
Escorias basálticas			0,001 a 1000			
Basalto permeable		0,03 s 2000		0,02 a 1000		
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar		10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵	10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵	10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵		10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas		0,001 a 25	10 ⁻⁵ a 1	0,0005 a 20		10 ⁻⁵ a 1
Granito alterado		0,3 a 5				
Gabro alterado		0,05 a 0,3				

- **Superficie freática:** superficie formada por los puntos en que $P_{\text{agua}} = P_{\text{atm}}$
- **Nivel freático:** punto en la superficie freática en el que $P_{\text{agua}} = P_{\text{atm}}$. El nivel de agua alcanzado en un pozo, en un acuífero libre, coincide con el nivel freático.
- **Zona saturada:** por debajo de la superficie freática. Todos los **vacíos están llenos de agua**



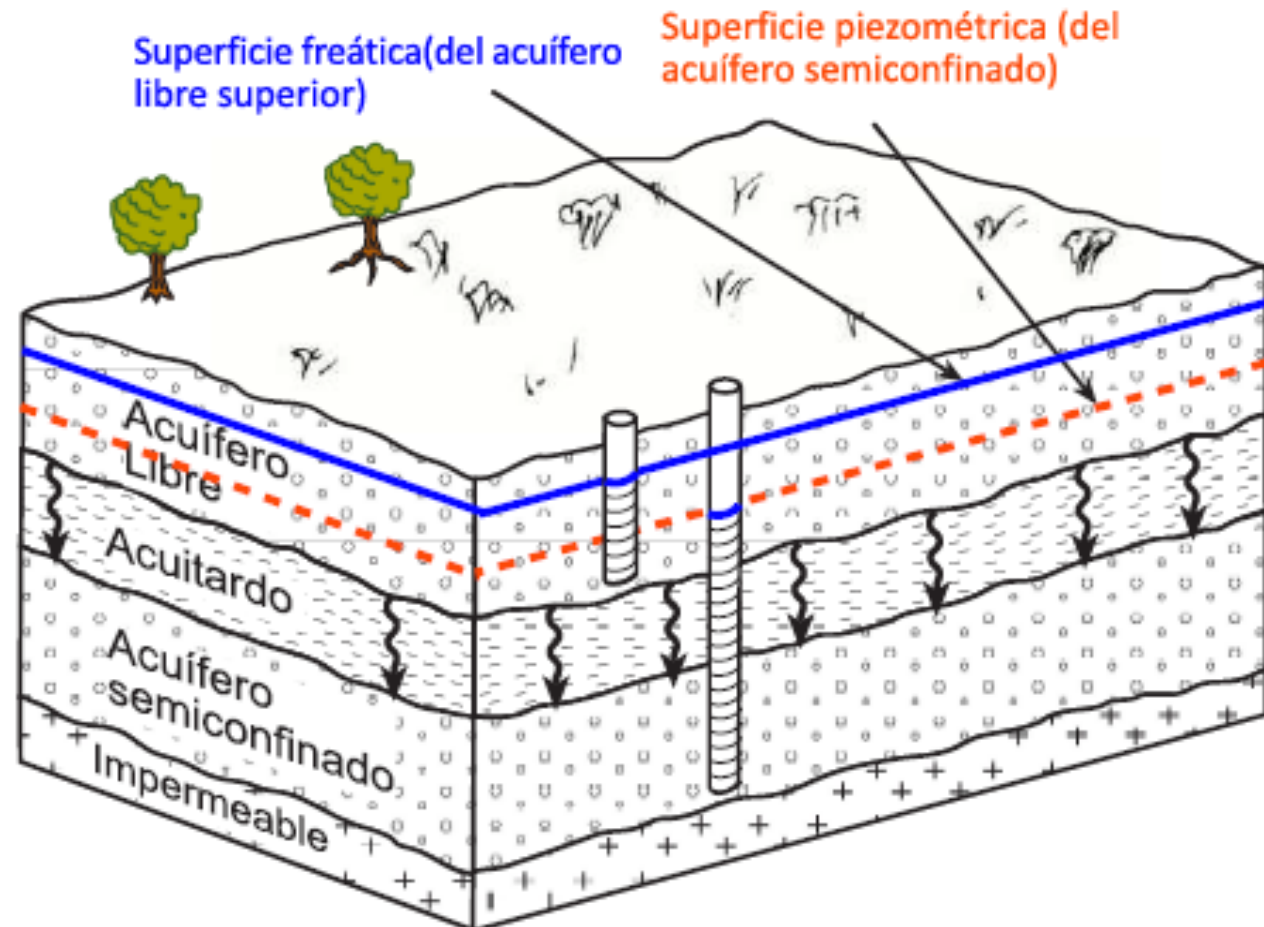
A: $P_{\text{agua}} < P_{\text{atm}}$

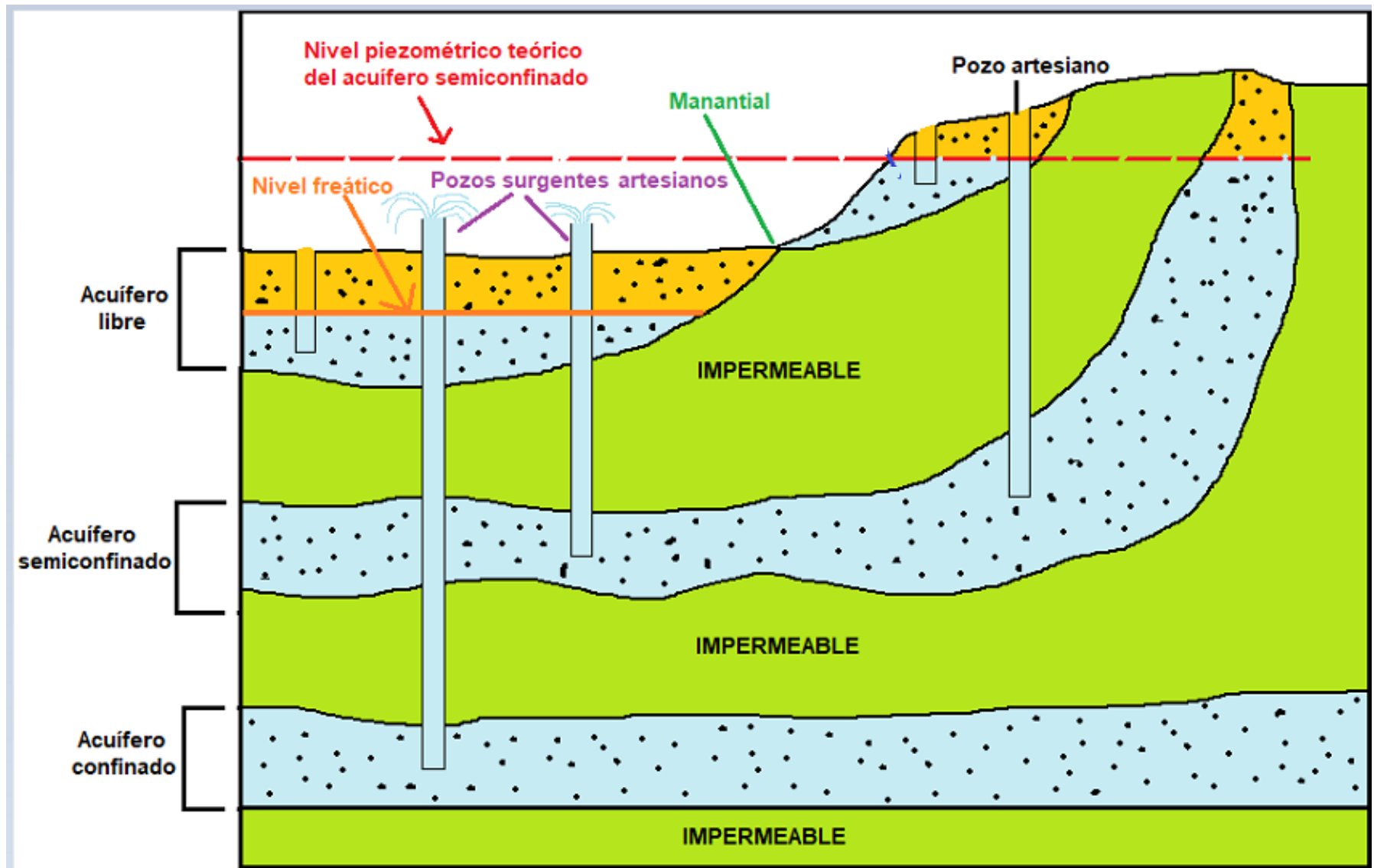
B: $P_{\text{agua}} = P_{\text{atm}}$

C: $P_{\text{agua}} > P_{\text{atm}}$

Superficie piezométrica: superficie virtual formada por los puntos que alcanzaría el agua ($P_{\text{agua}} = P_{\text{atm}}$) si se hicieran infinitas perforaciones en un acuífero confinado o semiconfinado.

Nivel piezométrico: cota que alcanzaría el agua en un pozo al equilibrarse con la presión atmosférica en un acuífero confinado o semiconfinado.

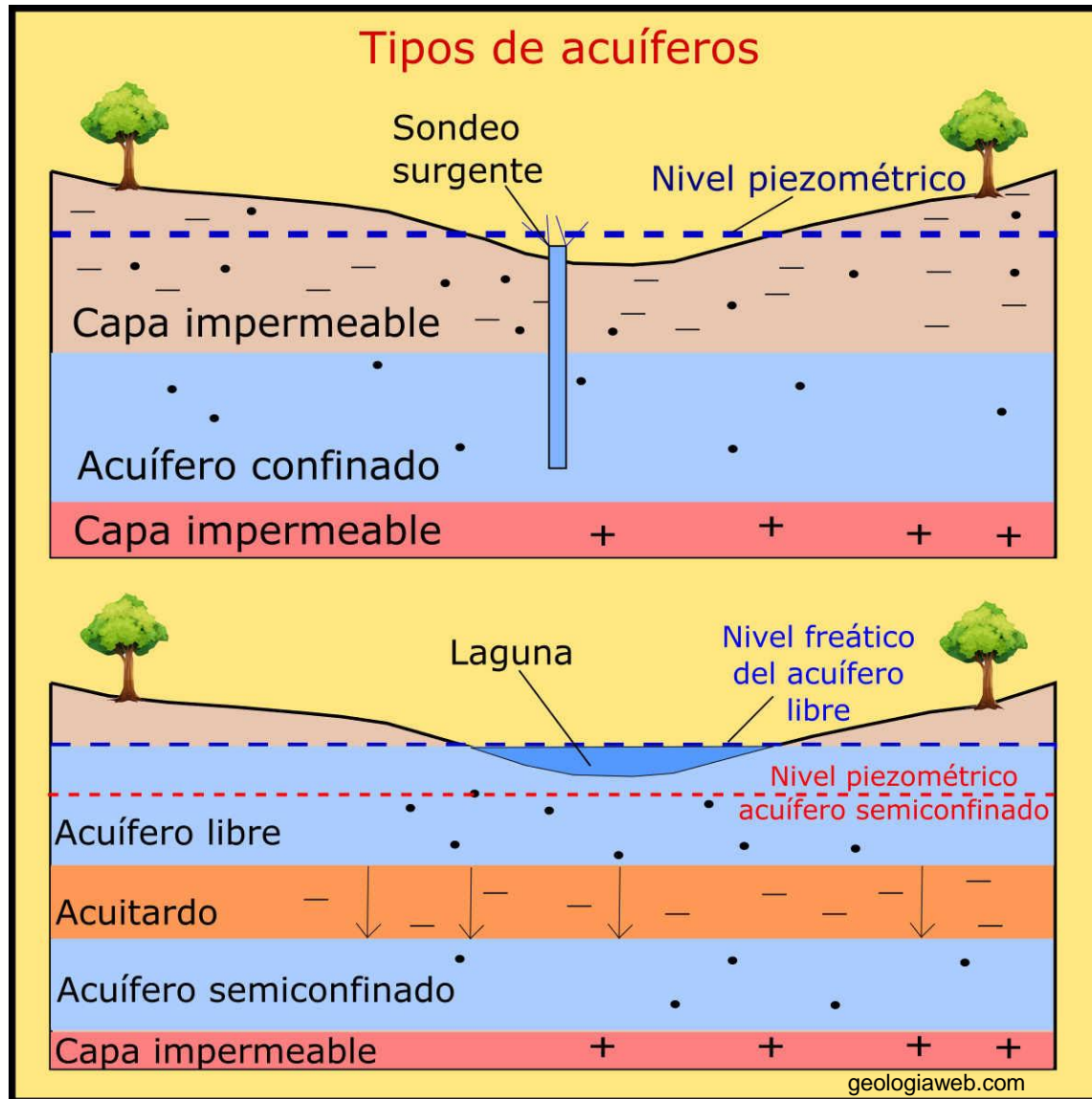




http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/07022019/78/es-an_2019020712_9084331/42acuiferos_estructura_y_tipos.html

Donde la superficie piezométrica está por encima de la topográfica hay surgencia de agua: manantiales y, en caso de perforaciones, pozos surgentes

Acuíferos



- **Acuífero libre o freático:** límite superior (techo) coincide con la superficie freática $\rightarrow P_{\text{agua}} = P_{\text{atm}}$
Espesor varía con las oscilaciones de la superficie freática: espesor saturado

- **Acuífero confinado:** limitado en su base y techo por formaciones impermeables $\rightarrow P_{\text{agua}} > P_{\text{atm}}$ Nivel de agua coincide con el nivel piezométrico
Espesor fijo = espesor de la formación geológica que lo constituye

- **Acuífero semiconfinado:** limitado por un acuitardo en el techo y un acuífero libre en la base. Recarga desde el acuitardo $\rightarrow P_{\text{agua}} > P_{\text{atm}}$
Nivel de agua corresponde al nivel piezométrico

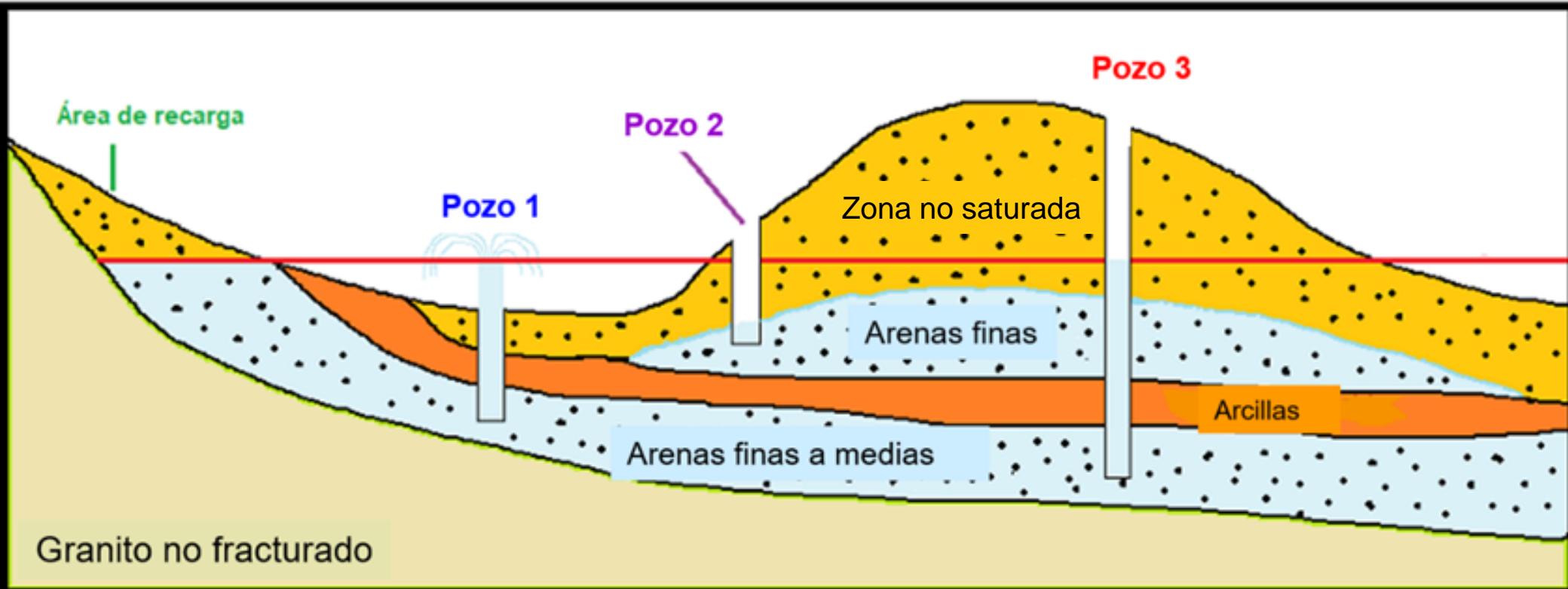
Cuestionario

1. ¿Qué representa el ciclo del agua y cuáles son algunos de los procesos que intervienen?
2. ¿Qué es el agua subterránea?
3. ¿Cuál es la diferencia entre agua subterránea y agua retenida en el suelo?

4. A) De acuerdo a la capacidad para transmitir el agua subterránea, indique la función que cumplen las siguientes capas: arenas finas ($K: 0,01 - 0,001 \text{ cm/s}$), arcillas limosas ($K: 0,001 - 0,00001 \text{ cm/s}$), granito no fracturado ($K: 1,2 \cdot 10^{-8} - 1,2 \cdot 10^{-12} \text{ cm/s}$)

B) ¿Qué tipo de acuífero es la capa de arenas finas a medias?

C) ¿Dónde se midió el nivel piezométrico y dónde el freático?



Bibliografía

Básica

Tarbutck y Lutgens (2005). Ciencias de la Tierra. Pearson (Cap.: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 14,17)

<https://xeologosdelmundo.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>

Varela, R (2014). Manual de geología. INSUGEO/CONICET.

http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_misclanea_21_manual_de_geologia.pdf

Waltham. Foundations on Engineering geology. Spon

Complementaria

- Bell. Engineering Geology. Elsevier
- Blyth. A Geology for Engineers. Elsevier
- Goodman. Engineering Geology. Wiley
- Price. Engineering Geology. Springer

Consultas: maltinier@fi.uba.ar